

CONCEPT 01 CORLEO

まだ見ぬ大地を求めて
ライダーとインタラクティブに駆ける
新感覚4脚型オフロードモビリティ

スイングアーム構造

胴体中央に可動軸を設けることで、後脚取付部が前脚取付部に対して縦にスイングし、歩行時や走行時の衝撃・振動を吸収する。脚部の可動だけでは困難な姿勢制御が可能であり、例えば登板時にも乗車部の水平を保つことで、ライダーが見上げる姿勢にならずに、容易に進行方向の地形状況を確認することができる。

特願2025-013587



水素キャニスター収容構造

搭載スペースが限られた中でも自由なレイアウトが可能な水素吸蔵合金製のキャニスターを採用し、効率的な収容を実現。キャニスターは容易に交換可能で、予備を持ち合わせれば屋外でも燃料補給に困らない。

特願2025-043181

あぶみ

あぶみとハンドル部分でライダーの重心移動を検知しマシンを操作する。あぶみの長さはマシン側が自動的に調整し、常にライダーの最適な姿勢をサポートする。

特願2025-013589

特願2025-013591

CORLEO

パワーユニット

150ccの発電用水素エンジンを搭載。限られたエンジンルーム内にコンパクトにレイアウトした。後方に搭載するキャニスターから供給する水素で発電し、4脚と胴体に搭載したアクチュエータを駆動する。

特願2024-231649



冷却構造

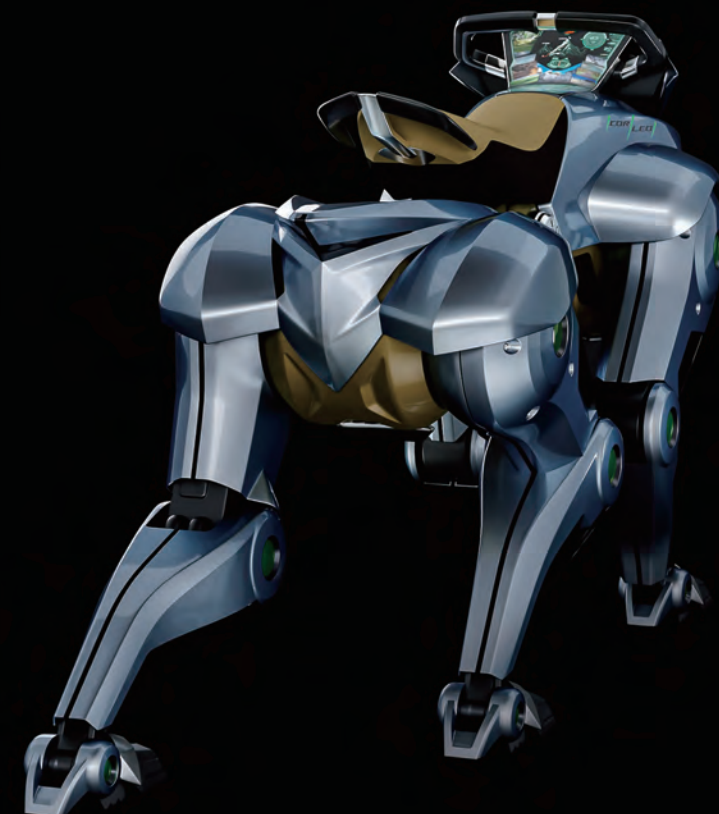
胴体前部には、エンジンを冷却するラジエーター、過給されて温度の上った吸気を冷却するインタークーラーを効率的に配置し、エンジン温度と吸気温度をコントロールすることで水素燃料での運転で課題となりうる異常燃焼を抑制する。

特願2025-013588

脚部サスペンション構造

滑らかな脚の屈曲と伸長を実現。柔軟な可動域を生み出し、快適な走行や効率的な跳躍などダイナミックなアクションに貢献する。

特願2025-013590



ひづめ構造

滑りにくく、路面の凹凸を吸収するラバー素材を使用した左右二分割構造のひづめで、草原、岩場、がれ場などあらゆる地形で機体の安定を実現する。また、接地時の衝撃を吸収することで、脚部の衝撃吸収のための制御動作を最小限にし、消費エネルギーを抑制する。

特願2025-013578

CORLEOは、人とマシンがまるで意思を伝えながら走行するかのような、かつてない移動体験を提供するモビリティ。人の挙動をマシンが検知し、安全な走行をサポートする。4本の脚を採用したことで凹凸の激しい岩場や森林なども障害物をまたぐ様に走行でき、名の由来であるライオンにまたがった心地で、これまでのモビリティでは踏み込めなかった自然豊かで雄大な景色を楽しめる。

川崎重工グループがモーターサイクル開発で培った操縦性と安定性に対する思想と、ロボット開発で培ったメカ設計とシステム制御技術の掛け合わせによって生まれた本機は、走行による楽しさと安全性がトレードオフになりやす

いオフロード走行の中で、ライダーの操作意図を反映しながらも、自律制御によって危険な走行を防ぎ安全性を担保するという、オフロードモビリティのための先進的な制御思想を採用している。これによって、モビリティを操縦する冒険的な楽しさを残しつつ、老若男女を問わない誰もが安全なオフロード走行を体験できる。

また、二輪車では難しかった安定した状態での超低速走行や安全なタンデムライドなど多様な利用シーンを想定している。高い走破性により、レジャーだけでなく、災害時には瓦礫の中を移動できるモビリティとしても活用できる。

ロボティクス

(1) 4脚型モビリティ

CORLEOは、当社が提案する新感覚のオフロードパーソナルモビリティ。4脚の悪路安定走行性能に加え、全く新しい概念で開発される操縦システムを併せ持つ。操る楽しみを大切にしながらも、マシンが常にライダーの挙動を感知し、人機一体の安心感を実現する。ライダーは、まるで自分の体の一部を操るかのような感覚で、移動能力を拡張し、自由自在に悪路を駆け巡ることができる。

(2) システム制御

4脚のロボティクスにおいて重要となる柔らかな動きは、トルク制御と1msec以下の制御周期を持つコントローラによって実現する脚部と胴体の駆動軸を同期制御することによって、姿勢制御だけでなく、接触時の衝撃吸収や移動時の安定化など、細かな制御も可能である。今後は駆動軸の数を増やすことも検討しており、より繊細な制御にも対応できるようになる。

4脚ロボットとしての基本機能であるIMU（慣性計測装置）を活用した姿勢制御や、歩行や走行といったフェーズ毎に運動モードを切り替える機能を有している。これらの基本機能を検証・発展させるためには、周囲環境を模擬できる物理エンジンを搭載したシミュレータの活用が必須であり、実機との比較を通じて信頼性を高める。

さらに、CORLEOのシステム制御は、次の4つの柱によって構成される。第1に、トルク中心制御である。第2に、安全機能である。安全ユニットによって異常時でも確実に減速し安全な姿勢で停止できる設計とし、ソフトウェアが異常を起こしてもハードウェアレベルで安全な状態に移行するまで動作を継続でき



る。第3に、学習制御である。実機の動作ログを活用し、模倣学習から強化学習へと発展させることで性能を高める。第4に、人機一体となる制御である。ライダーの体重移動から操作意図を取り込み、機構制御に連動させることで、初心者から熟練者まで直感的に操縦できるモビリティを実現する。

また、開発環境の基盤として、CORLEOはモデルベース開発と機械学習モデル開発を組み合わせたハイブリッド開発環境を採用する。モデルベース開発では機体力学や制御アルゴリズムを数理モデルで表現し設計段階から性能を検証する。一方、機械学習モデル開発では、実機やシミュレーションで得られるデータを活用し、環境認識や制御最適化を学習する。さらに、MLOpsの考え方を導入し、機械学習モデルを運用中も環境に応じて柔軟に適応・進化させる開発運用プロセスを採用する。これにより、変化する路面条件やユーザー操作特性に常に最適化された制御を維持できる。このMBSE／MBD+ML+MLOpsの循環こそが、CORLEOの高信頼かつ適応的な制御を支える基盤である。

(3) 適応型共有制御

ライダーの体重移動による入力で操るCORLEOは、人の能力を拡張する側面を有するとともに、崖から飛び降りるような危険性のある状況ではライダーの指示を修正するように設計されている。このように操縦者であるライダーの意図に自律的に介入する制御技術は、既に医療用ロボットやパワーアシストスーツにも適用されているロボティクスであるが、CORLEOはライダーがロボットの動作状況を、そして、ロボットが人の意図を互いに共有し、ライダーのスキルレベルに応じて、ロボットが自律制御の介入度合いを調整する制御方式を採用する。このような制御方式を「適応型共有制御」と呼ぶ。人の入力を一切受け付けず、ただ安全な動作を続ける従来のロボットとは一線を画し、モビリティに慣れない人から高い操作スキルを持つ人

まで、あらゆる人のあらゆる操作意図を汲み取り、かつ各々にとっての安全性を確保する。これまでにない人機一体のロボティクスを備える、全く新しいモビリティがCORLEOである。

(4) 課題

CORLEOの実現と、さらに走行性能を高め、高度な制御を可能にするためには、様々な技術分野における技術の進歩が必要である。

本体ハードウェア設計では素材技術のさらなる進歩が求められる。4脚で高速走行や跳躍を行いながらも人がまたがるサイズを実現するには、高い負荷に耐えながらも軽量の素材が重要である。特に機体を支えながら高速で動作する脚部においてはこの重要性が高く、軽量化を行うことで高速走行やジャンプ時の運動性能は大きく向上する。

また、制御の面では主にセンシング技術において、センサー性能向上と信号処理の高度化が求められる。

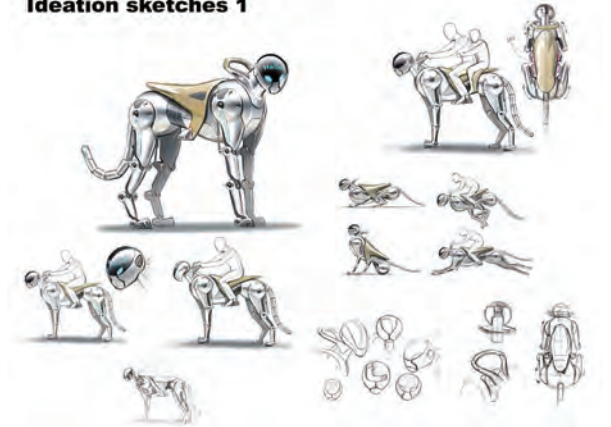
例えば高速走行時には安定した走行と衝突や墜落を防ぐために、目の前から数十メートル先までの広い範囲の地形や障害物を高精度に認識し、高速に信号処理を行って制御に反映する技術を実現する必要がある。

さらに、適応型共有制御を実現するためには、ライダーの体重移動をハンドルとあぶみへの入力から検出し、その動作の意図を汲み取り制御に取り入れる非常に高度なマンマシンインターフェースの実現が不可欠である。

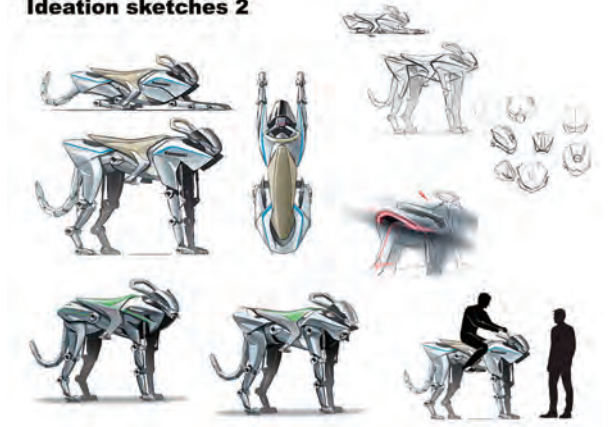
デザイン設計

CORLEOのデザインには、動物を想起させながらもモビリティを感じさせる要素を採り入れている。制作における最大の難点は、モーターサイクルと動物型ロボットのどちらの要素を重視するかにあった。岩場でも進めるモビリティというコンセプトから、イメージは早期にまとまっていたものの、前者に偏れば乗り物に脚だけが生えたような遊びのないものに、一方で後者に偏れば人間の意思を受け付けられないモビリティ概念から逸脱したものになりがちであった。さらに、Kawasakiのモビリティである以上、受け継がれてきたモーターサイクルのデザインフィロソフィーである「力強さ」や「スポーティさ」も踏襲する必要があった。数百に及ぶ案出しの末、最終的には、誰もが感じる親しみやすさ、乗車意欲を掻き立てる動物的な躍動感、モビリティとしての物理的な実現可能性を落とし込み、現行のデザインになっている。

Ideation sketches 1



Ideation sketches 2



初期のデザインスケッチ

エルゴノミクス検証

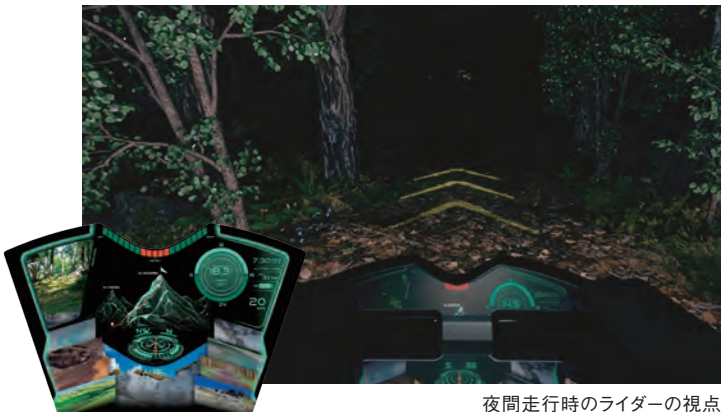
安全性の追求にあたって、神戸大学馬術部の皆様にテストライダーとしてご協力いただき、エルゴノミクス（人間工学）検証を行った。クレイモックにまたがってもらい、またがった時の安心感・安定感やあぶみの高さ、走行時にライダーを挟み込まないプロポーシオン、足捌きなどを確認。得られたフィードバックを元に、より快適なライディングポジションと説得力のある機能美を造り込んだ。



クレイモック

ナビゲーションシステム(操作パネル)

機体前方にはインストルメントパネルを搭載。ルートや到着予定時間を示すナビゲーション情報だけでなく、路面状況や重心位置などの最適なライディングをアシストする情報、そして、高度や日出・日入時刻といった環境情報も提供する。夜間には路面に進路を示すマーカーを照射し、視界の悪い状況下でも正しいルートを進めるようライダーをサポートする。



夜間走行時のライダーの視点

パワーユニット

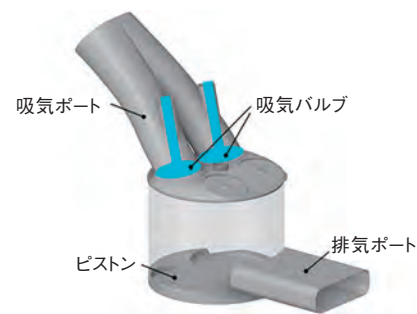
(1) パワーユニット設計コンセプト

CORLEOのパワーユニットは、エンジンによる発電電力でアクチュエータを駆動する「シリーズハイブリッド」を採用している。パワーユニットに要求される要素は限られたスペースでユニットの要求電力を供給する「小型・軽量・高出力」と、水素利用による「カーボンニュートラル」である。CORLEOの走行パターンから必要定格出力は15kW、エンジン排気量は150ccとし、さらに水素燃焼によりこれらの要求を満たす水素パワーユニットを設計コンセプトとした。

(2) ターボチャージド(過給) 2ストローク(2st) エンジン

水素エンジンは運転時に二酸化炭素(CO2)をほとんど排出しないが、高出力を達成するため理論空燃比近傍で燃焼すると窒素酸化物(NOx)が発生する。搭載スペースの制限から触媒による排ガスの浄化が困難であるため、空気を過剰に供給し希薄燃焼とすることでNOxの排出を抑制したクリーンな運転を可能とする燃焼コンセプトとした。しかしながら希薄燃焼によって出力は低下する。そこで要求出力を達成するため川崎重工グループの先行研究技術であるポベット弁付き過給2stエンジンを採用した。

2stエンジンは「吸気」と「排気」を同時に行うこと(掃気)によってピストンの往復毎(2ストローク)の燃焼により高い出力性能を発生するため、小排気量かつ希薄燃焼でも出力向上が期待できる。しかしながら、従来の2stエンジンでは、その構造上燃料供給と部品潤滑のために燃料とエンジンオイルを混合して供給するためエンジンオイルが燃料と共に燃焼し二酸化炭素が排出されカーボンニュートラルが達成できない。そこで、吸気側バルブに4ストローク機関で用いられるクランク回転に同期したポベット弁を用いる独自構造の2stエンジンを採用した。この構造によって燃料供給と潤滑を独立して行えるようになるため、燃料と潤滑油の混合が不要となり、二酸化炭素をほとんど排出しないカーボンニュートラル運転を実現できる。さらに過給機を搭載することで吸気工程におけるエンジン内の掃気の効率が向上しさらなる出力向上と安定燃焼に寄与する。また、燃料供給システムに燃焼室内へ直接燃料を供給する直噴システムを採用することでガス交換中における排気側への燃料吹き抜けを抑制し、燃焼効率向上及び排ガス浄化に寄与する。



(3) ハイブリッドシステム構成

シリーズハイブリッドシステム全体としては、発電のためのジェネレーター、発電した電力を調整するインバーター、電力を貯蔵するバッテリーで構成されている。ジェネレーターはモトクロッサーエンジンなどの開発で培った技術を活かし、ギアボックスと一体化してコンパクトにエンジンに組み込んだ。

インバーターとバッテリーはシートの下にスペース効率よく配置し、バッテリーはシートを外すと単体で取り出せる構造としている。このため、バッテリーを単体で充電しておくことで、さらに航続距離を伸ばすことができる。

(4) 水素吸蔵合金キャニスター

水素燃料の形態には、レイアウトの自由度の高さか

ら水素吸蔵合金キャニスターを採用している。CORLEOの限られた燃料搭載スペースに効率的に燃料を貯蔵するにはサイズの異なる容器を複数搭載することが有効である。小型の容器を用いる場合、高圧水素タンクと比較して、水素吸蔵合金キャニスターは1容器中に貯蔵できる水素量に優れており、複数搭載時のシステム全体での貯蔵効率が良いため採用した。長さの異なる2種類のキャニスターを計6本収容することで十分な航続距離を実現する水素を搭載している。

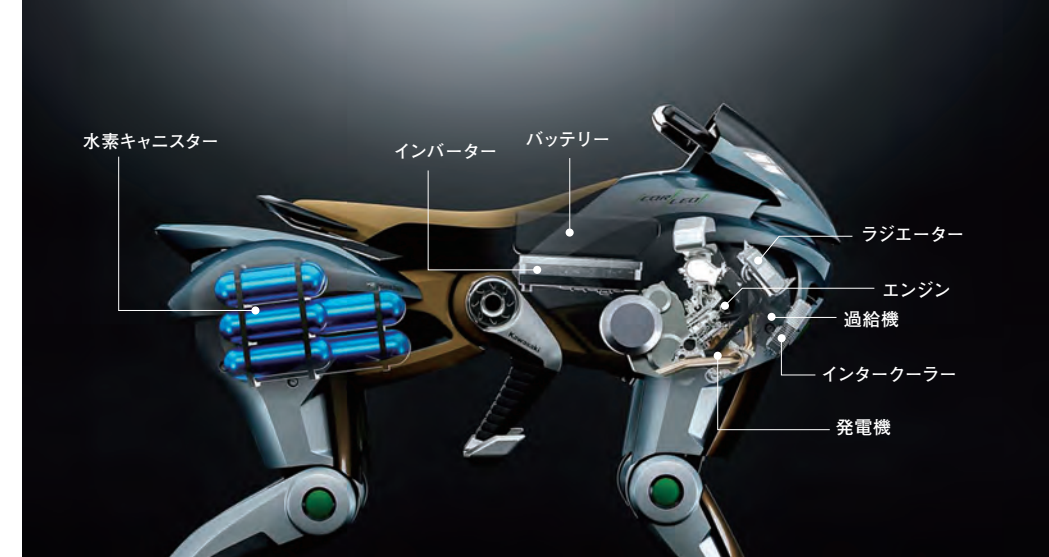
また、キャニスターは取り外し交換が容易なため簡単に水素充填を行うことができる。充填済みのキャニスターを乾電池のように入れ替えられるため、専用の設備がない屋外などで水素が無くなった場合でも、予備のキャニスターがあればすぐに充填し走り出すことができる。

知財

CORLEOの特徴的な機能である、水素エンジン搭載のパワーユニットや水素キャニスター、スイングアーム、ひづめ、あぶみ等については、10件を超える特許・意匠・商標出願が完了しており、また、現在改良されつつある装置構成、デザインについても継続的に出願している。さらに、展開が予想される本機を使用したサービスに関しても出願を進め、新たなオフロードモビリティとしてハード・ソフト両面からの特許網の構築を進めていく。これら知財活用を見据えた戦略として、他社の模倣を防止する以外にも、特許取得によって優位性を確保し、多様な企業の参画による協業・コンソーシアム形成を円滑化する狙いがある。当社による独占的な技術開発・サービス展開に固執することなく、共創によって開発を加速する枠組みづくりも行っていく。

あとがき

世界的な反響を呼んだCORLEOは、当社のモビリティ事業とロボティクス事業で蓄積した知見の融合によって生まれ、コンセプト、性能、スタイリングデザインともに、未だかつてないモビリティとして評価されたと分析する。社内のノウハウのみならず、様々な企業・団体との連携をも想定しながら、早期の商用化を目指し取り組んでいく。



PROFILE



コーポレートコミュニケーション総括部
大阪・関西万博推進課(兼)
コーポレートコミュニケーション総括部
PR部ブランド課 基幹職

天辰 祐介



カワサキモータース株式会社
航空システム総括部
航空システム開発部
CN・先進技術開発課 主事

和泉 恭平



技術開発本部
技術研究所
エネルギーシステム研究部 研究三課 基幹職

久野 篤志



社長直轄プロジェクト本部
ソーシャルロボット事業戦略部
システム開発一課 課長

村上 潤一



社長直轄プロジェクト本部
ソーシャルロボット事業戦略部
基幹職

上野 高廣



株式会社ケイテック
3Dデジタル技術統括室
技術開発部 プロシニア

福本 圭志



技術開発本部
知的財産部
第一課 課長

井上 忠之



技術開発本部
知的財産部
第一課 基幹職

小川 碧